

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЭМБРИОНАЛЬНОМ И КЛЕТОЧНОМ УРОВНЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРОБИОНТОВ

В. Ю. Плавский¹, Н. В. Барулин², С. Б. Бушук¹, А. И. Водчиц¹,
И. А. Ходасевич¹, Л. Е. Батай¹, А. С. Грабчиков¹, А. И. Третьякова¹,
Л. Г. Плавская¹, А. И. Микулич¹, Т. С. Ананич¹, В. А. Орлович¹,
Н. С. Казак¹

¹Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси, Минск

²Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Горки,
Беларусь

E-mail: v.plavskii@ifanbel.bas-net.by

В работе впервые выполнены сравнительные исследования биологической активности непрерывного, квазинепрерывного и импульсного лазерного излучения нано- и пикосекундного временных диапазонов низкой интенсивности при его одинаковой средней плотности мощности ($3,0 \text{ мВт/см}^2$). В качестве объектов воздействия использовались: зоопланктон (жаброногий рачок) *Artemia salina* L и сперма осетровых рыб. Тестом на воздействие лазерного излучения на зоопланктон являлся процент выклева науплиусов из цист после активации яиц в соленой воде в условиях поддержания стабильного теплового режима. Показателями биологического действия излучения на сперму рыб служили данные о продолжительности подвижности сперматозоидов, а также об их криволинейной скорости после активации водой. Показано, что, несмотря на существенные различия в пиковых значениях интенсивности воздействующего фактора, как непрерывное и квазинепрерывное излучение, так излучение нано- и пикосекундного диапазонов способно в определенном интервале дозовых нагрузок оказывать как стимулирующее, так и ингибирующее действие на все исследуемые параметры функциональной активности биологических систем. Характерно, что в случае нано- и пикосекундного режимов стимулирующее действие наблюдается в очень узком диапазоне доз: $30\text{--}60 \text{ мДж/см}^2$. При увеличении дозы наблюдается быстрое подавление функциональных характеристик биологических систем: при дозовой нагрузке $1,8 \text{ Дж/см}^2$ продолжительности подвижности сперматозоидов сокращается по сравнению с контролем более чем 2 раз. Эффект существенно зависит от спектрального диапазона излучения: при воздействии на зоопланктон излучения с длиной волны 808; 1176 и 1342 нм наблюдается стимуляция выклева науплий, а при воздействии излучения 632,8; 976 и 1064 нм – ингибирование. Поскольку лазерное излучение с длиной волны 1176; 1342 нм находится вне полосы поглоще-

ния эндогенных фотосенсибилизаторов, то возможную роль реакций с их участием следует исключить. По нашему мнению, в качестве акцепторов лазерного излучения ближней инфракрасной области спектра, определяющих его биологическое действие, выступают растворенный молекулярный кислород и вода – универсальная биологическая среда, играющая ведущую роль в поддержании и регуляции гомеостаза в живых системах. Учитывая низкое значение коэффициента молярной экстинкции триплет-синглетного перехода для молекулярного кислорода и относительно низкую плотность мощности воздействующего излучения (3 мВт/см^2) концентрация $^1\text{O}_2$ в биологической системе достаточно низка, чтобы вызвать заметное деструктивное действие. Скорее всего, его образование в биологической системе способно играть сигнальную (триггерную) функцию, влияющую на протекание биохимических и физиологических процессов в организме, например, таких как запуск апоптоза.

Впервые в независимых экспериментах на живых объектах (сперма рыб) получены данные, свидетельствующие о модифицирующем влиянии магнитного поля на глубину проникновения излучения в ткань, а также на показатели функциональной и биохимической активности биообъектов. Тестами, свидетельствующими о влиянии физических факторов на функциональную и биохимическую активность спермы, служили: скорость криволинейного движения сперматозоидов после их активации водой; процент активно-подвижных сперматозоидов в общей совокупности исследуемых образцов; активность ферментов, входящих в состав сперматозоидов. Исследование глубины проникновения в ткань осуществлялось с использованием лазерной конфокальной сканирующей микроскопии. Полученные результаты позволили сделать вывод, что наблюдаемые эффекты обусловлены конформационными перестройками биоструктур с жидкокристаллическим характером упорядочения (белки мышечной ткани, мультиферментные комплексы, структуры спермы и др.) в поле световой волны лазера и в постоянном магнитном поле. Изменение светопропускания биологических тканей под влиянием приложенного магнитного поля может быть следствием его ориентационного действия на биологические жидкокристаллические структуры. Прямым доказательством жидкокристаллического характера строения сперматозоидов является присущее им двулучепреломление, а также достоверное влияние постоянного магнитного поля на усредненную по времени скорость движения сперматозоидов вдоль его реальной траектории, как она воспринимается в двухмерном пространстве под микроскопом.